

09/868317  
PCT/EP 99/09969

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

EP 99/9969

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 09 FEB 2000

WIPO PCT

EU

24/6

## Bescheinigung

Die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV in  
München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Strukturierte Formkörper zur Schallabsorption"

am 17. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol  
G 10 K 11/172 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 5. Januar 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 61 016.5

## Strukturierte Formkörper zur Schallabsorption

### 1. Gegenstand der Erfindung

Die Erfindung betrifft Formkörper gemäß dem Oberbegriff des Anspruch 1 aus offenzelligem Schaumstoff mit vergleichsweise festem und bei tiefen Frequenzen resonanzartig mitschwingendem Skelett als breitbandig schallabsorbierende Wandauskleidung.

### 2. Stand der Technik

Für den Einsatz in akustischen Freifeldräumen sind strukturierte schallabsorbierende Wandauskleidungen bekannt, die aus porösem Material bestehen und im wesentlichen eine keil- oder pyramidenförmige Geometrie [1,2,3,4] aufweisen. Diese äußere Geometrie wird dabei sowohl durch kompakte Formkörper [1,2,3] als auch durch Schichten oder andere Elementierung [4] realisiert. Die akustische Klassifizierung [1] dieser Wandauskleidungen orientiert sich hauptsächlich an einem frequenzunabhängig hohen Absorptionsgrad bei senkrechtem Schalleinfall. Die untere Grenzfrequenz, ab der dieses hohe Absorptionsniveau erreicht wird, ist dabei von besonderer Bedeutung, da sie die Gesamtdicke der Wandauskleidung bestimmt. Bei konventionell strukturierten Auskleidungen gilt die Relation, daß die Auskleidungsdicke ca. einem Viertel der Wellenlänge der unteren Grenzfrequenz entspricht, wenn ein Absorptionsgrad von 99% gefordert ist. Daraus ergibt sich für eine untere Grenzfrequenz von 100 Hz eine Auskleidungsdicke von ca. 0,85 m. Angesichts dieser Größe wird deutlich, daß eine Verkürzung der Auskleidung um ca. 40 % bei unverändert hoher Absorption einerseits Bauvolumen spart und andererseits den Meßradius im Raum vergrößert [5].

Aufgabe der Erfindung ist es die Formkörper nach dem Stand der Technik bei gleichbleibenden akustischen Eigenschaften so zu gestalten, daß die Bautiefe geringer sein kann.

417.01.00

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Formkörper bestehen aus einer wandseitigen, ebenen Sockelschicht bestimmter Dicke sowie aus einer unmittelbar davor positionierten Säulenstruktur mit einer bestimmten Höhen- und Querschnittsverteilung nach Art breitbandig abgestimmter Dämpferspalte, wobei vorteilhafterweise die maximale Säulenhöhe etwa der Sockeldicke entspricht und die Säulen raumseitig sowie die Dämpferspalte sockelseitig einen einseitig schrägen Zuschnitt aufweisen.

### 3. Beschreibung

Die erfindungsgemäßen Formkörper bestehen aus offenzelligem Schaumstoff mit vergleichsweise festem und bei tiefen Frequenzen resonanzartig mitschwingendem Skelett, wie z.B. der Melaminharzschaum Basotect®. Die Schallabsorption dieses Materials wird einerseits durch seine Porosität, d.h. durch die reibungsbedingte Umwandlung von Schall- in Wärmeenergie bestimmt. Andererseits wirkt das vergleichsweise starre, die offenen Poren umgebende Skelett wie eine akustische Masse, deren Bewegung bzw. Verformung einen weiteren, resonanzartigen Absorptionsmechanismus repräsentiert. Diese Resonanz erhöht deutlich die Absorption bei tiefen Frequenzen, wobei sich die Resonanzfrequenz mit ansteigender Schichtdicke zu tiefen Frequenzen verschiebt. Ausgangspunkt der erfindungsgemäßen Formkörper ist deshalb eine ebene Sockelschicht (1) der Dicke  $H_1$  (zwischen 200 und 500 mm, vorzugsweise 250 mm) aus derartigen Schaumstoff, wie in Fig. 1 dargestellt, die im Gegensatz zu Schaumstoffschichten mit vernachlässigbaren Skelettschwingungen bei tiefen Frequenzen einen Absorptionsgrad von nahezu 1 aufweist. Als Beispiel sei eine 250 mm dicke Basotect®-Platte genannt, die bei ca. 125 Hz bereits 99% der senkrecht einfallenden Schallenergie absorbiert (Fig. 9).

Im Bereich mittlerer und hoher Frequenzen geht die Schallabsorption auf den Strömungswiderstand in Verbindung mit der Dicke des Schaumstoffs zurück. Je nach Schichtdicke tritt jedoch zwischen diesen beiden hochabsorbierenden Frequenzbereichen ein Bereich mit um bis zu 15% verringerter Schallabsorption auf. Um diese Verringerung auszugleichen, schließt sich bei den erfindungsgemäßen Formkörpern eine abgestimmte Anordnung von Schaumstoffsäulen (2)

vor der Sockelschicht (1) an. Mit bestimmter Länge  $H_2$  (in der Größenordnung von  $H_1$ ) und rechteckigen Querschnittsflächen ( $D_1$ ,  $D_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  nach Fig. 1 zwischen 50 und 200 mm, so daß  $D_1+D_2$  und  $B_1+B_2$  vorzugsweise 250 mm ergeben) begrenzen diese Säulen rechteckige Hohlkammern nach Art von Dämpferspalten (Fig. 2), die auf einer Seite an der Sockelschicht (1) enden und auf der anderen Seite offen in den Raum münden. Die Dimensionierung dieser Dämpferspalte richtet sich nach dem Frequenzbereich, in dem die Sockelschicht (1) allein zu geringe Schallabsorption aufweist. Wesentliche Auslegungsparameter für Dämpferspalte sind deren Länge und die Dicke der seitlichen Dämpfungsschicht. Bei der beispielhaften 250 mm dicken Basotect®-Platte ergibt sich als geeignete Säulengeometrie eine Säulenhöhe von ca. 250 mm und ein Säulenquerschnitt von ca. 125 mm x 125 mm. Die weitere Optimierung der erfindungsgemäßen Formkörper schließt ausdrücklich unterschiedliche bzw. wechselnde Säulenquerschnitte und damit eine asymmetrische Gestaltung der Dämpferspalte ein. Am raumseitigen Ende besitzen die Schaumstoffsäulen einen einseitig schrägen Zuschnitt (3), um einen abrupten Impedanzübergang an der Auskleidungs Oberfläche zu vermeiden. Der Zuschnittswinkel ( $w$ ) entsprechend Fig. 3 beträgt vorzugsweise ca.  $35^\circ$ , bezogen auf die Wandebene. Mit derselben Begründung enden die Dämpferspalte sockelseitig nicht eben sondern ebenfalls mit dem oben beschriebenen Zuschnitt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Formkörper stellt ihre Kombination mit einem Verbund-Platten-Resonator (4) [6] dar, der auch in ebenen schallabsorbierenden Wandauskleidungen [7] zum Einsatz kommt, um den Frequenzbereich mit hoher Schallabsorption zu tiefen Frequenzen zu erweitern. Im Fall der Kombination mit den erfindungsgemäßen Formkörpern ist die Sockelschicht (1) rückseitig z.B. mittels einer Verklebung mit dem Schwingblech des Verbund-Platten-Resonators verbunden (Fig. 4).

Weitere praktische Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Formkörper sind akustisch durchlässige Abdeckungen (6) aus Vlies, Gewebe oder Lochblech zum mechanischen Schutz der Auskleidung (Fig. 5). Diesem Zweck dient die in Fig. 6 gezeigte, akustisch unschädliche Abflachung (5) der raumseitigen schrägen Zuschnitte (3) um bis zu 30 mm, wodurch eine teilflächige Auflage großer ebener Lochbleche gewährleistet ist.

#### 4. Vorteile der Erfindung gegenüber dem Stand der Technik

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Formkörper gegenüber bestehenden strukturierten Wandauskleidungen zur Schallabsorption beziehen sich auf folgende Merkmale:

- Für eine geforderte untere Grenzfrequenz, ab der ein möglichst hoher Schallabsorptionsgrad einzuhalten ist, kommen die erfindungsgemäßen Formkörper mit einer deutlich (ca. 40 %) geringeren Bautiefe aus.
- Infolge des starren Schaumstoffskeletts, des gleichzeitig geringen Raumgewichtes ( $10 \text{ kg/m}^2$ ) und der geringen Bautiefe (von ca. 500 mm) sind die erfindungsgemäßen Formkörper in sich stabil bzw. selbsttragend und bedürfen keinerlei Haltekonstruktion. Zur Befestigung genügt z.B. eine rückseitige Klebeverbindung an der Raumwand.
- Die akustisch unschädliche Abflachung (5) der raumseitigen schrägen Zugschnitte unterstützt die Verwendung von Abdeckungen (6), wie z.B. Lochbleche, so daß eine raumseitig geschützte, ebene Auskleidungsfläche entsteht.
- Ein Rieselschutz, wie etwa bei Wandauskleidungen aus faserigem Material ist nicht erforderlich.
- Es bestehen zahlreiche Möglichkeiten, die Herstellung der erfindungsgemäßen Formkörper zu optimieren, da sich das faserfreie Material einerseits in beliebigen Maßen vorfertigen und andererseits einfach installieren läßt.
- Der Zuschnitt der erfindungsgemäßen Formkörper aus den typischen Rohlingen (Schaumstoffblöcke mit  $1,25 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$  bzw. Platten mit  $1,25 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  Grundfläche) erfolgt so, daß kein Verschnitt oder Abfall entsteht, wie Fig. 10 zeigt.

Ein beispielhafter Vergleich der erfindungsgemäßen Formkörper (Fig. 7) mit konventionellen strukturierten Wandabsorbern (Fig. 8) verdeutlicht die Einsparung an Bautiefe bei gleichzeitig erhöhter gemessener Schallabsorption (Fig. 9) insbesondere bei tiefen Frequenzen.

## 6. Beschreibung der Bilder

- Fig. 1: Aufbau der erfindungsgemäßen Formkörper, bestehend aus der Sokkelschicht (1) und der Säulenordnung (2) mit raumseitig schrägem Zuschnitt (3)
- Fig. 2: Beispielhafte Zusammenfassung der erfindungsgemäßen Formkörper zu einer großflächigen Wandauskleidung
- Fig. 3: Aufbau der erfindungsgemäßen Formkörper mit dem Winkel  $w$  des einseitig schrägen Zuschnitts (3)
- Fig. 4: Kombination der erfindungsgemäßen Formkörper mit einem Verbund-Platten-Resonator (4)
- Fig. 5: Aufbau der erfindungsgemäßen Formkörper mit der raumseitigen Abflachung (5) der einseitig schräg zugeschnittenen Säulenordnung (2)
- Fig. 6: Aufbau der erfindungsgemäßen Formkörper mit der raumseitigen Schutzabdeckung (6)
- Fig. 7: Beispielhafte erfindungsgemäße Formkörper (Gesamtdicke 520 mm)
- Fig. 8: Beispielhafte konventionelle Wandauskleidung aus Mineralwolleplatten (Gesamtdicke 650 mm)
- Fig. 9: Gegenüberstellung der gemessenen Absorptionsgrade bei senkrechtem Schalleinfall der erfindungsgemäßen Formkörper nach Fig. 7 mit einer konventionellen Wandauskleidung nach Fig. 8
- Fig. 10: Darstellung des verschnittfreien Zuschnitts der erfindungsgemäßen Formkörper

## Literatur

- [1] DIN 45635, Teil 1, Anhang B 1.2
- [2] N.N.: Reflexionsarme Schallmeßräume für Industrie und Forschung. (Firmenmaterial), G+H Montage GmbH, 1992.
- [3] US 5780785, Acoustic absorption device and an assembly of such device
- [4] Rother, P.; Nutsch, J.: Prinzip und Anwendung einer neuartigen Wandverkleidung für reflexionsarme Räume. 4<sup>th</sup> Intern. Congress on Acoustics (ICA), Kopenhagen 1962, S. M44.
- [5] Babuke, G.; Fuchs, H.V.; Teige, K.; Pfeiffer, G.: Kompakte reflexionsarme Auskleidung für kleine Meßräume. Bauphysik 20 (1998), H. 5, S. 157-165.

- [6] DE 19506511, Verbund-Platten-Resonator
- [7] DE 19738757, Reflexionsarme Raumauskleidung für den gesamten Hörbereich

## Patentansprüche

1. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption, bestehend aus offenzelligem Schaumstoff mit festem und bei tiefen Frequenzen resonanzartig mitschwingendem Skelett

**dadurch gekennzeichnet,**

daß vor bzw. auf einer wandseitigen, ebenen Sockelschicht (1) mit einer in Abhängigkeit von den Parametern der Schicht einstellbaren Skelettresonanz eine Säulenstruktur (2) mit unsymmetrischer Höhen- und Querschnittsverteilung nach Art breitbandig abgestimmter Dämpferspalte vorgesehen ist, wobei die Säulenhöhe etwa der Sockeldicke entspricht.

2. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Formkörper aus einem Melaminharzschaum, oder zu einem Teil aus Melaminharzschaum bestehen.

3. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-2,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Säulen (2) raumseitig sowie die Dämpferspalte sockelseitig einen einseitig schrägen Zuschnitt (3) aufweisen.

4. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Richtung der schrägen Zuschnitte (3) vertikal und / oder horizontal abwechselt.



5. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach Anspruch 3 oder 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die raumseitigen schrägen Zuschnitte (3), z.B. um bis zu 30 mm, gekürzt und abgeflacht sind.

6. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-5,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß der schräge Zuschnitt (3) in einem Winkel von etwa 35°, bezogen auf die Wandebene, vorgesehen ist.

7. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-6,

**dadurch gekennzeichnet,**

die Zuschnitte (3) eine teilflächige Auflage von akustisch durchlässigen, ebenen Abdeckungen (6) aus Vlies, Gewebe oder weichem Schaumstoff aufweisen.

8. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-7,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß vor der Auskleidung Lochbleche zum mechanischen Schutz der Auskleidung vorgesehen sind, die mittels Distanzhalter an der Raumwand befestigt sind.

9. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-8,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Formkörper aus einem Melaminharzschaum, oder zu einem Teil aus Melaminharzschaum bestehen.

N 17 01 00

10. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-9,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Formkörper durch die Wahl des Materials und / oder der Form selbsttragend ausgebildet sind.

11. Strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption nach einem der Ansprüche 1-10,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Sockelschicht (1) rückseitig mittels einer Verklebung auf den Schwingblechen von Verbund-Platten-Resonatoren (4) befestigt ist, wobei zwischen den Schwingblechen ein seitlicher Abstand von ca. 200 mm vorgesehen ist.

14 17 01 00

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft strukturierte Formkörper als Wandauskleidung zur breitbandigen Schallabsorption, bestehend aus offenzelligem Schaumstoff mit festem und bei tiefen Frequenzen resonanzartig mitschwingendem Skelett und zeichnet sich dadurch aus, daß vor bzw. auf einer wandseitigen, ebenen Sockelschicht (1) mit einer in Abhängigkeit von den Parametern der Schicht einstellbaren Skelettresonanz eine Säulenstruktur (2) mit unsymmetrischer Höhen- und Querschnittsverteilung nach Art breitbandig abgestimmter Dämpferspalte vorgesehen ist, wobei die Säulenhöhe etwa der Sockeldicke entspricht.

H 17.01.00

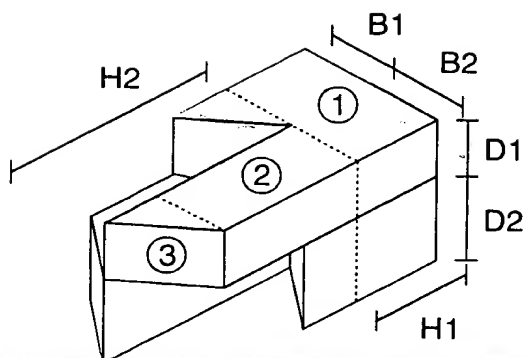


Fig. 1

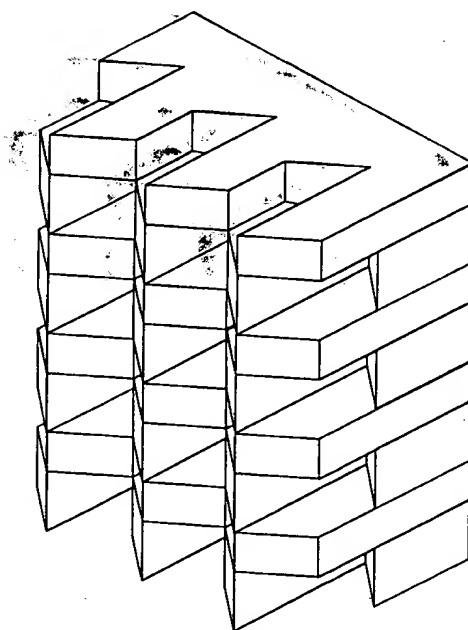


Fig. 2

N 17.01.00

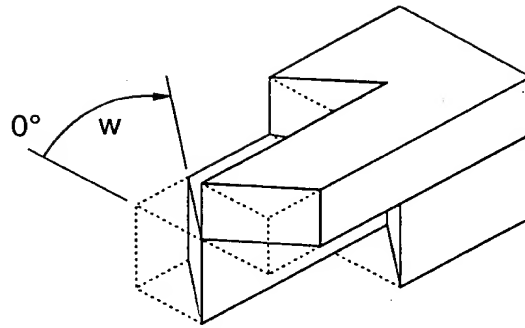


Fig. 3

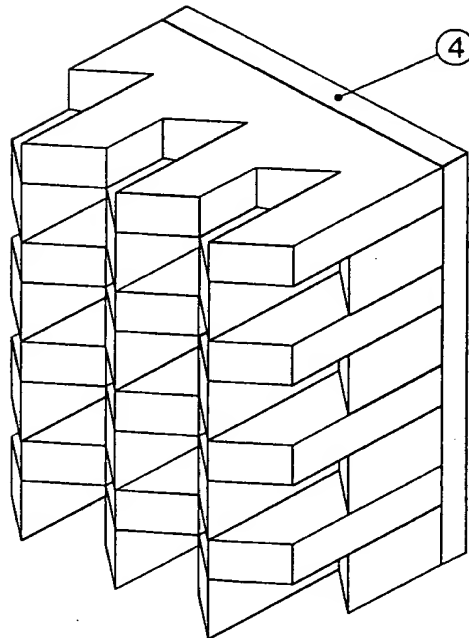


Fig. 4

H 17 01 00

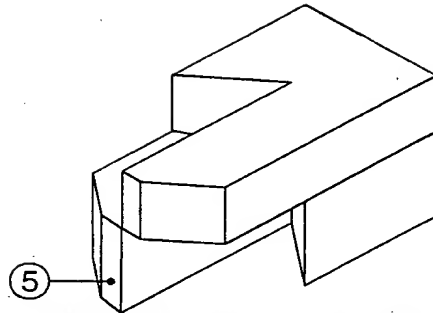


Fig. 5

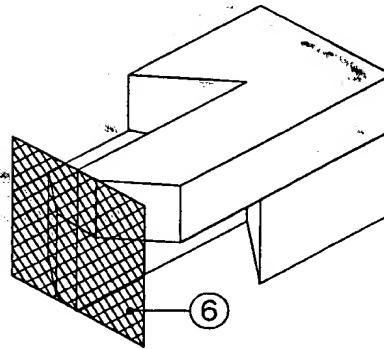


Fig. 6

4 17.01.00

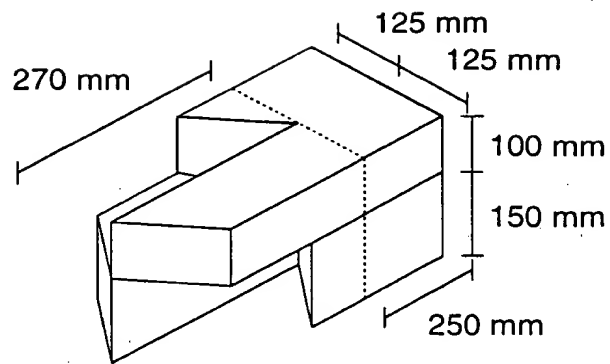


Fig. 7

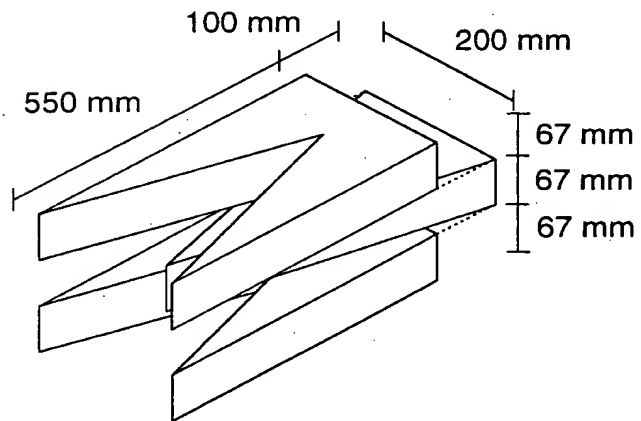


Fig. 8

